

10



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 499 065 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 92101057.5

51 Int. Cl. 5: **H04B 10/20**

22 Anmeldetag: 23.01.92

30 Priorität: 11.02.91 DE 4104084
22.05.91 DE 4116660

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.08.92 Patentblatt 92/34

64 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: Standard Elektrik Lorenz
Aktiengesellschaft
Lorenzstrasse 10
W-7000 Stuttgart 40(DE)

72 Erfinder: Ohnsorge, Horst, Dr.
Zeller Strasse 4
W-7141 Freiberg(DE)
Erfinder: Heldemann, Rolf, Dr.
Weinsberger Weg 14
W-7146 Tamm(DE)
Erfinder: Weygang, Adolf
Muggensturm Strasse 9
W-7000 Stuttgart 31(DE)

74 Vertreter: Pohl, Herbert, Dipl.-Ing et al
Standard Elektrik Lorenz AG Patent- und
Lizenzwesen Postfach 30 09 29
W-7000 Stuttgart 30(DE)

80 Optisches Nachrichtenübertragungssystem für den Teilnehmeranschlussbereich mit optischen Verstärkern.

10 Das erfindungsgemäße System dient dazu, Nachrichtensignale, insbesondere Fernsehsignale, von einer Zentrale zu vielen Teilnehmern zu verteilen und eine bidirektionale Übertragung von Fernsprech- und Datensignalen zwischen der Zentrale und den Teilnehmern zu ermöglichen. Erfindungsgemäß ist das dazu verwendete Netz ein Lichtwellenleiternetz mit Stern-Stern-Struktur, bei dem zwischen aufeinanderfolgenden Verzweigungspunkten faseroptische Verstärker (10, 11) vorhanden sind. Die zu verteilenden Nachrichtensignale werden über das Lichtwellenleiternetz mit einer ersten Wellenlänge (λ_1) zu den Teilnehmern übertragen, die von der Zentrale (1) zu den Teilnehmern (T_i) zu übertragen-

den teilnehmerindividuellen Nachrichtensignale werden durch Frequenzmodulation in ein anderes Frequenzband (FB_2) als die Verteilsignale umgesetzt (durch Frequenzmodulation) und mit derselben Wellenlänge wie die Verteilsignale zu den Teilnehmern übertragen, und die von den Teilnehmern (T_i) zur Zentrale (1) zu übertragenden teilnehmerindividuellen Signale werden durch Frequenzmodulation in ein weiteres Frequenzband (FB_3) umgesetzt und optisch mit einer zweiten Wellenlänge (λ_2) zur Zentrale übertragen. Dieses optische Signal wird an geeigneten Stellen (A) verstärkt, und mehrere alternative Ausführungsbeispiele für diese Verstärkung sind angegeben.

EP 0 499 065 A2

Rank Xerox (UK) Business Services

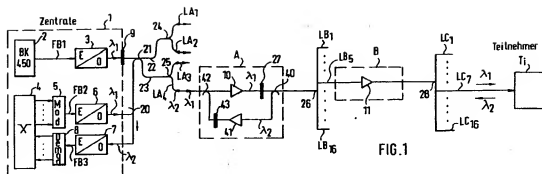


FIG. 1

Die Erfindung betrifft ein optisches Nachrichtenübertragungssystem nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Ein derartiges System ist bekannt aus: IEEE Technical Digest on Optical Amplifiers and their Applications, Monterey, August 1990, Seiten 232 bis 235 (WB1). Das dort beschriebene System ist ein reines Verteilsystem für Fernsehsignale. Eine große Anzahl von Teilnehmern ist über ein Lichtwellenleiternetz mit Stern-Struktur mit einer Fernseh-Zentrale verbunden, und zwischen aufeinanderfolgenden Verzweigungspunkten des Lichtwellenleiternetzes sind faseroptische Verstärker vorhanden, von denen jeder aus einem Erbium-dotiertem Faserstück und einer Pumplicht-Quelle besteht. Ein Frequenzband, das die zu übertragenden Fernsehsignale enthält, wird in ein optisches Signal mit einer Wellenlänge von 1552 nm umgesetzt, und das optische Signal wird über das Lichtwellenleiternetz zu den Teilnehmern übertragen, wobei es in den faseroptischen Verstärkern verstärkt wird.

In vielen Anwendungsfällen besteht die zusätzliche Forderung, neben den Fernsehsignalen auch Signale von bidirektionalen Diensten (Dialogdiensten), wie z.B. den Diensten des Fernsprechens und der Datenübertragung, zwischen der Zentrale und den Teilnehmern und umgekehrt zu übertragen.

Ein optisches Nachrichtenübertragungssystem, das zwischen einer Zentrale und Teilnehmern nicht nur Fernsehsignale, sondern auch Signale von bidirektionalen Diensten übertragen kann, ist aus der DE-A1 39 07 495 bekannt. Dort ist die Zentrale über einen Lichtwellenleiter mit einer Vorfeldrichtung verbunden, die einen Sternkoppler enthält, von dem teilnehmerindividuelle Lichtwellenleiter zu einer Gruppe von Teilnehmern führen. Die von der Zentrale zu den Teilnehmern zu übertragenden Signale werden als ein Frequenzband in ein optisches Signal mit einer ersten Wellenlänge umgesetzt, und dieses optische Signal wird zu den Teilnehmern übertragen. Die von den Teilnehmern zur Zentrale zu übertragenden Signale werden in Signale mit teilnehmerindividuellen Frequenzen umgesetzt, und diese werden als optische Signale mit einer zweiten Wellenlänge über den Sternkoppler bis zur Zentrale übertragen. Die Anzahl der mit einem solchen optischen Übertragungssystem zu versorgenden Teilnehmer ist bei einem solchen System auf eine relativ geringe Anzahl begrenzt, auch wenn, wie es dort erwähnt ist, bei den Sternkopplern optische Verstärker vorhanden sind.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein für eine größere Anzahl von Teilnehmern geeignetes optisches Nachrichtenübertragungssystem der eingangs genannten Art anzugeben.

Die Aufgabe wird wie in Patentanspruch 1 angegeben gelöst. Weiterbildungen sind den Unter-

ansprüchen entnehmbar.

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnungen in Beispielen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 den Grundaufbau des erfindungsgemäßen Systems,
- Fig. 2 die bei einem Teilnehmer des Systems nach Fig. 1 vorhandenen Einrichtungen im Blockschaltbild,
- Fig. 3 einen ersten Frequenzplan für die für die Signalübertragung nach dem erfindungsgemäßen System verwendeten Frequenzen der Signale,
- Fig. 4 eine zweite Ausführungsform der Verstärkerstelle A aus Fig. 1,
- Fig. 5 eine dritte Ausführungsform der Verstärkerstelle A aus Fig. 1,
- Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel von in der Zentrale vorhandenen Einrichtungen zur dynamischen Zuteilung der Frequenzen zu den Teilnehmern,
- Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel von bei einem Teilnehmer vorhandenen Einrichtungen zur dynamischen Zuteilung der Frequenzen zu dem Teilnehmer, und
- Fig. 8 einen zweiten Frequenzplan für die zur Signalübertragung nach dem erfindungsgemäßen System verwendeten Frequenzen der Signale.

In Fig. 1 ist im linken Teil die genannte Zentrale gezeigt und mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet. Sie enthält eine sogenannte KTV-Kopfstation (KTV = Kabelfernsehen), die mit dem Bezugszeichen 2 bezeichnet ist. Die KTV-Kopfstation 2 liefert an ihrem Ausgang ein Frequenzmultiplexsignal mit einer Bandbreite von 80 bis 450 MHz, z.B. ein Frequenzband für Fernseh- und Hörfunkübertragung ähnlich dem Koaxial-KTV-System BK 450 der Deutschen Bundespost. Dieses Frequenzmultiplexsignal wird jedoch nicht wie üblich über Koaxialleitungen zu den Teilnehmern verteilt, sondern über das erfindungsgemäße optische Nachrichtenübertragungssystem. Im Frequenzplan der Fig. 3 ist das Frequenzband, das das KTV-Frequenzmultiplexsignal belegt, mit FB1 bezeichnet, und daher ist auch in Fig. 1 die vom Ausgang der KTV-Kopfstation 2 weiterführende Leitung, die eine Koaxialleitung ist, mit FB1 bezeichnet.

Sie gibt das genannte KTV-Frequenzmultiplexsignal in einen Elektrisch-Optisch-Wandler 3 ein, der es in ein optisches Signal umsetzt, indem er es zur Intensitätsmodulation seines Ausgangslichts der Wellenlänge (λ_1), vorzugsweise 1550 nm, verwendet. Im Weg des optischen Signals befindet sich ein optischer Isolator 9 zum Schutz des Wandlers 3 vor Reflexionen des in Abwärtsrichtung zu übertragenden optischen Signals an irgendwelchen Übertragungseinrichtungen, z.B. im faseroptischen Verstärker 10.

Das optische Ausgangssignal des Wandlers 3 wird ähnlich wie beim eingangs genannten Verteilungssystem über das noch zu beschreibende Lichtwellenleiternetz zu einer großen Anzahl von Teilnehmern, von denen stellvertretend ein einziger dargestellt und mit T_1 bezeichnet ist, übertragen und dabei durch faseroptische Verstärker 10 und 11, die sich zwischen aufeinanderfolgenden Verzweigungspunkten des Lichtwellenleiternetzes befinden, verstärkt.

Die von der Zentrale 1 zu den Teilnehmern zu übertragenden teilnehmerindividuellen Nachrichtensignale stammen von einer in der Zentrale befindlichen Ortsvermittlungsstelle 4, an die die betrachteten Teilnehmer über das Lichtwellenleiternetz angeschlossen sind. Im gezeigten Ausführungsbeispiel beträgt die Anzahl der an eine Ortsvermittlungsstelle angeschlossenen Teilnehmer 1024. Die Ortsvermittlungsstelle 4 gibt die zu diesen Teilnehmern zu übertragenden teilnehmerindividuellen Signale über 1024 parallele Ausgangsleitungen in eine Modulationseinrichtung 5 ein, die die große Anzahl von Signalen in ein Frequenzmultiplexsignal mit teilnehmerindividuellen Frequenzen umsetzt, das im Frequenzplan nach Fig. 3 ein Frequenzband FB2 belegt, das von etwa 470 bis etwa 500 MHz reicht. Das Frequenzband FB2 enthält 1024 Träger, die in einem Frequenzabstand von etwa 30 KHz auseinanderliegen und von denen jeder mit einem der teilnehmerindividuellen Nachrichtensignale frequenzmoduliert wird.

Das von der Modulationseinrichtung 5 erzeugte Frequenzmultiplexsignal mit dem Frequenzband FB2 gelangt über eine ebenso bezeichnete Leitung in einen Elektrisch-Optisch-Wandler 6, der es in ein optisches Signal mit der Wellenlänge λ_1 umsetzt, die gleich der Wellenlänge des Wandlers 3 ist. Dieses optische Signal wird über das zu erläuternde Lichtwellenleiternetz zu den Teilnehmern T_1 übertragen.

Von den Teilnehmern T_1 empfängt die Zentrale 1 ein Gemisch von optischen Signalen mit einer einzigen Wellenlänge λ_2 , z.B. von 1300 nm, das bis zu 1024 elektrische Signale aus einem dritten Frequenzband FB3 enthält, das von etwa 30 bis 60 MHz (Frequenzplan nach Fig. 3) reicht. Diese elektrischen Signale sind teilnehmerindividuelle Träger, denen die von den Teilnehmern T_1 zur Zentrale, wie noch zu erläutern ist, zu übertragenden teilnehmerindividuellen Nachrichtensignale durch Frequenzmodulation aufmoduliert sind. Die Träger haben Trägerfrequenzen aus dem Frequenzband FB3 mit Frequenzabständen von etwa 30 KHz.

Das empfangene Gemisch von optischen Signalen mit der Wellenlänge λ_2 wird in einem Optisch-Elektrisch-Wandler 7 in ein elektrisches Frequenzmultiplexsignal mit dem Frequenzband FB3 umgesetzt und über eine ebenso bezeichnete

Leitung in eine Demodulationseinrichtung 8 eingegeben, die die in ihm enthaltenen Signale demoduliert und über 1024 parallele Leitungen in die Ortsvermittlungsstelle 4 eingibt.

Von den gezeigten Ein- und Ausgangsleitungen der Ortsvermittlungsstelle 4 gehören somit jeweils 2 zu einem einzigen Teilnehmer. Für sie ist jeweils eine nicht gezeigte Umsetzer-Schaltung vorhanden, die die zwischen der Ortsvermittlungsstelle 4 und den modulierenden und demodulierenden Einrichtungen 5 bzw. 8 erforderlichen Signalumsetzungen vornimmt, z.B. die Umsetzung vom Zweidraht auf den Vierdrahtbetrieb, und Umsetzungen von Ruf-, Wahl- und Signalisierungszeichen.

Die genannten Anschlüsse der Zentrale 1 für optische Signale mit der Wellenlänge λ_1 und der Wellenlänge λ_2 sind wie folgt an das Lichtwellenleiternetz angeschlossen.

Die an den Ausgängen der Wandler 3 und 6 der Zentrale erscheinenden optischen Signale mit den gleichen Wellenlängen λ_1 werden mittels Lichtwellenleiter-Anschlußstücken und Lichtwellenleiter-Kopplern 20 und 21 zu einem einzigen optischen Signal zusammengefaßt, und der Lichtwellenleiter-Koppler 21 verteilt das durch die Zusammenfassung entstandene Signal auf zwei Lichtwellenleiter-Stücke 22 und 23, von denen es mittels Lichtwellenleiter-Kopplern 24 und 25 auf vier Lichtwellenleiter LA_1 bis LA_4 verteilt wird. Die Koppler 21, 24 und 25 sind 3dB-Koppler, der Koppler 20 ist ein wellenlängenselektiver Koppler. Über jeden dieser Lichtwellenleiter werden somit sowohl die Signale des KTV-Systems als auch die teilnehmerindividuellen Signale von der Zentrale zu Teilnehmern übertragen. Diese Übertragungsrichtung wird bei der nachfolgenden Erläuterung als die sogenannte Abwärtsrichtung bezeichnet, und die dazu entgegengesetzte Übertragungsrichtung als die sogenannte Aufwärtsrichtung. Die Zeichnung zeigt stellvertretend für die Lichtwellenleiter LA_1 bis LA_4 die Übertragung über den Lichtwellenleiter LA_4 .

Der Lichtwellenleiter LA_4 führt vom Koppler 25, der ein Verzweigungspunkt eines Stern-Stern-förmigen Lichtwellenleiternetzes ist, zu einem nur schematisch angedeuteten Leistungsteiler 26, der wiederum ein Verzweigungspunkt des Lichtwellenleiternetzes ist, mit einer Anzahl von beispielsweise 16 weiterführenden Lichtleitern LB_1 bis LB_{16} . Infolge der in den Kopplern 21 und 25 stattgefundenen Signalverteilung ist der Pegel des über den Lichtwellenleiter LA_4 zu übertragenden optischen Signals so weit abgesunken, daß eine Verstärkung erforderlich ist, bevor es mittels des Leistungsteilers 26 auf 16 weiterführende Lichtwellenleiter verteilt werden kann. Hierzu dient der bereits erwähnte faseroptische Verstärker 10. Um ihn vor am Leistungsteiler 26 und am faseroptischen Verstärker

11 reflektierten optischen Signalen zu schützen, ist in den Lichtwellenleiter zwischen dem faseroptischen Verstärker 10 und dem Leistungsteiler 26 ein optischer Isolator 27 eingefügt. Der faseroptische Verstärker 10 und der optische Isolator 27 sind Teil einer optischen Verstärkerstelle A, zu der auch Mittel zum Verstärken der in Aufwärtsrichtung zu übertragenden optischen Signale gehören, falls an diesem Punkt des Lichtwellenleiternetzes solche Mittel erforderlich sind. Diese Mittel werden an späterer Stelle erläutert.

Die bisher beschriebenen Koppler, Leistungsteiler und Lichtwellenleiter LA₁ bis LA₄ einschließlich der in diese eingefügten Verstärkerstellen A sowie der vier Leistungsteiler 26 sind örtlich vorzugsweise nahe bei der Zentrale 1 angeordnet oder gehören zur Zentrale.

Von den vom Leistungsteiler 26 weiterführenden Lichtwellenleitern LB₁ bis LB₁₆ ist stellvertretend ein Lichtwellenleiter LB₅ gezeigt, der wie alle anderen nicht gezeigten zu einem weiteren Verzweigungspunkt des Lichtwellenleiternetzes, einem Leistungsteiler 28, führt. Dieser verteilt das in Abwärtsrichtung übertragene optische Signal auf beispielsweise 16 weiterführende Lichtwellenleiter LC₁ bis LC₁₆, von denen jeder zu einem Teilnehmer führt, wie es für einen repräsentativen Lichtwellenleiter LC₂ und einen Teilnehmer T₁ gezeigt ist. Die Leistungsteiler 26 und 28 werden im folgenden bisweilen auch als Koppler bezeichnet. In den Lichtwellenleiter LB₅ ist, ebenso wie in die ihm entsprechenden anderen Lichtwellenleiter eine Verstärkerstelle B eingefügt, die den oben erwähnten faseroptischen Verstärker 11 zum Verstärken des in Abwärtsrichtung übertragenden optischen Signals enthält. Ein optischer Isolator zum Schutz des faseroptischen Verstärkers 11 ist in dem Teil des Lichtwellenleiternetzes, in dem dieser eingesetzt ist, nicht erforderlich, da der Koppler 28 und die Einrichtungen des Teilnehmers so angelegt werden können, daß nur sehr wenig Reflexionen auftreten.

Unter bestimmten Betriebsbedingungen kann auf den optischen Isolator 27 in der Verstärkerstelle A auch noch verzichtet werden.

Die bei einem Teilnehmer T₁, der für die Vielzahl der über das beschriebene Netz an die Zentrale angeschlossenen Teilnehmer repräsentativ ist, vorhandenen Einrichtungen werden nun anhand der Figur 2 erläutert. Das optische Signal, das der Teilnehmer über den ihm mit dem Knoten 28 verbindenden Lichtwellenleiter empfängt, wird in einem Optisch-Elektrisch-Wandler 30 in ein elektrisches Frequenzmultiplexsignal umgesetzt, das die in Fig. 3 gezeigten Frequenzbänder FB₁ für die KTV-Signale und FB₂ für die teilnehmerindividuellen Signale enthält. Dieses Frequenzmultiplexsignal wird über eine elektrische Koaxialleitung, mit KL bezeichnet, in die bei einem Teilnehmer üblicher-

weise vorhandene Kabelfernseh-Hausverkabelung eingegeben und über diese zu einem oder mehreren Fernseh-Empfangsgeräten 31 übertragen. In diese Koaxialleitung kann ein als KTV-Band FB₁ durchlassendes Bandpaßfilter eingefügt sein, so daß an seinem Ausgang ein normgerechtes KTV-Signal ausgegeben wird. Dessen Ausgang kann dann als Übergabepunkt, d.h. als Schnittstelle zwischen der Zuständigkeit des Netzbetreibers und der des Teilnehmers, angesehen werden.

Damit der Teilnehmer das für ihn bestimmte Signal unter den im Frequenzband FB₂ enthaltenen teilnehmerindividuellen Signalen empfangen kann, wird das elektrische Ausgangssignal des Wandlers 30 über eine Koaxialleitung einem Demodulator 32 zugeführt. Dieser ist auf die dem Teilnehmer individuell zugeteilte Trägerfrequenz, z.B. auf 500 MHz abgestimmt, so daß der Teilnehmer das für ihn bestimmte Signal und nur dieses aus der Gesamtheit der über das beschriebene Netz zu Teilnehmern übertragenen teilnehmerindividuellen Signale entnehmen kann. Am Ausgang des Demodulators 32 erscheint also in Basisbandlage das für den Teilnehmer bestimmte Signal, z.B. ein Fernsprechsignal, das über einen Umsetzer an eine übliche Endeinrichtung, z.B. einen Fernsprechapparat eingegeben wird.

Zum Übertragen eines Fernsprech- oder Datensignals vom Teilnehmer zur Zentrale hat der Teilnehmer einen Modulator 35, der das ihm vom Ausgang des Umsetzers 33, an den das Endgerät 34 angeschlossen ist, eingegebene Signal in die dem Teilnehmer individuelle zugeordnete Frequenzlage umsetzt, indem er einen bestimmten Träger aus dem Frequenzband FB₂, z.B. einen Träger mit 60 MHz, frequenzmoduliert. Weiterhin hat er einen Elektrisch-Optisch-Wandler 36 zum Umsetzen des durch die Modulation entstandenen elektrischen Signals in ein optisches Signal mit einer Wellenlänge λ_2 und einen Lichtwellenleiter-Koppler 37, der das optische Signal mit der Wellenlänge λ_2 in den zwischen den Koppler 28 und dem Teilnehmer verlaufenden Lichtwellenleiter einkoppelt. Der Koppler ist ein wellenlängenselektiver Koppler, der Licht mit der Wellenlänge λ_1 praktisch nur zum Eingang des Wandlers 30 und Licht mit der Wellenlänge λ_2 vom Ausgang des Wandlers 36 nur in Richtung zum Koppler 28 und praktisch nicht in Richtung zum Eingang des Wandlers 30 koppelt. Die Wellenlänge λ_2 beträgt vorzugsweise 1300 nm, was für die Übertragung zur Zentrale, wie noch zu erläutern ist, ein vorteilhafter Wert ist.

Der Umsetzer 33 besorgt die zur erfindungsge-
mäßigen Übertragung der Signale von und zu den
Standard-Eindeinrichtungen erforderlichen Signa-
lumsetzungen, z.B. eine Zweidraht-Vierdraht-Um-
setzung und die Umsetzung von Ruf-, Wähl- und
Signalisierzeichen, so daß sein mit der Endeinrich-

tung 34 verbundener Anschluß als Schnittstelle zu betrachten ist, an der standardmäßige Signale für das angeschlossene Endgerät vorhanden sind.

Bei dem beschriebenen System kann ein Teilnehmer so viel Fernsprech- oder Datenendrichtungen haben, wie ihm Frequenzen aus den Frequenzblöcken FB₂ und FB₃ individuell zugeteilt werden können, also mehr als ein Fernsprech- oder Datenendgerät, wenn in den genannten Frequenzblöcken mehr Trägerfrequenzen bereitgestellt werden können als Teilnehmer vorhanden sind.

Im folgenden wird erläutert, wie die von der großen Anzahl von Teilnehmern in Aufwärtsrichtung zur Zentrale zu übertragenden optischen Signale, die alle die gleiche Wellenlänge λ_2 haben, übertragen werden. Prinzipiell wird dasselbe Lichtwellenleiternetz wie für die oben beschriebene Signalübertragung in Abwärtsrichtung verwendet.

Auf den Lichtwellenleitern LC₁ bis LC₁₆ zwischen den Teilnehmern und dem Koppler 28 ist eine Verstärkung des optischen Signals mit der Wellenlänge λ_2 nicht erforderlich.

Der Koppler 28 dämpft zwar jedes der in Aufwärtsrichtung zu übertragenden optischen Signale, da er grundsätzlich die in Aufwärtsrichtung zu übertragenden Signale entsprechend seinem Teilverhältnis in gleicher Weise dämpft wie die in Abwärtsrichtung zu übertragenden Signale. Trotzdem ist, wie Berechnungen gezeigt haben, eine Verstärkung der optischen Signale in Aufwärtsrichtung auch zwischen dem Koppler 28 und dem Koppler 26 nicht erforderlich, sondern wird erst erforderlich, nachdem die optischen Signale aus dem Koppler 28 in den Lichtwellenleiter LA₄ eingetreten sind. Daher ist an der Stelle des Verstärkers B, wie die Figur zeigt, eine Verstärkung des in Aufwärtsrichtung zu übertragenden Signale nicht vorgesehen, sondern nur an der Stelle des Verstärkers A sind solche Mittel vorhanden, die an späterer Stelle erläutert werden. Bei größeren Teilverhältnissen am Koppler 28 kann allerdings auch an der Stelle des Verstärkers B eine Verstärkung in Aufwärtsrichtung wie an der Stelle des Verstärkers A vorgesehen werden.

Verstärkt in der Verstärkerstelle A, werden die in Aufwärtsrichtung zu übertragenden optischen Signale, alle mit der Wellenlänge λ_2 , über die Koppler 25 (oder 24), 21, und 20 dem oben beschriebenen Wandler 7 in der Zentrale zugeführt. Wie oben beschrieben, sorgt eine Demodulationseinrichtung 8 dafür, daß jeder teilnehmerindividuellen Eingangsleitung der Ortsvermittlungsstelle 4 genau das für sie bestimmte Signal von den teilnehmerindividuellen Signalen zugeführt wird.

Die Wellenlänge λ_2 der in Aufwärtsrichtung zu übertragenden optischen Signale wird so gewählt, daß sie günstig ist für die Komponenten des Sy-

stems, welche die Signale zu durchlaufen haben. Optische Signale mit einer Wellenlänge von 1300 nm werden in einem faseroptischen Verstärker, der für 1550 nm ausgelegt ist und wie er heutzutage bekannt ist, praktisch nicht gedämpft. Deshalb und weil bei der Wellenlänge von 1300 nm die standardisierten Lichtwellenleiter günstige Übertragungseigenschaften haben und für diese Wellenlänge auch handelsübliche optische Sender und Empfänger zur Verfügung stehen, wird vorzugsweise λ_2 gleich 1300 nm gewählt.

Bei einer Wellenlänge von 800 nm stünden zwar billigere optische Sender und Empfänger zur Verfügung, jedoch wäre die Dämpfung von Licht mit der Wellenlänge $\lambda_2 = 800$ nm in der Verstärkerstelle B ein erhebliches Problem, da das für einen faseroptischen Verstärker typische Er-dotierte Faserstück bei 800 nm stark absorbiert.

Wie erwähnt, ist im Streckenabschnitt LA₄, d.h. an der Verstärkerstelle A, eine Verstärkung der in Aufwärtsrichtung zu übertragenden optischen Signale erforderlich. Die optische Verstärkung der in Aufwärtsrichtung übertragenden 1300 nm-Signale kann z.B. durch Mittel, wie sie in Fig. 1 gezeigt sind, bewerkstelligt werden. Zu diesen Mitteln gehört ein wellenlängenselektiver Lichtwellenleiter-Koppler 40, der das 1300nm-Signal aus dem Lichtwellenleiter LA₄ auskoppelt, ein für 1300 nm optimierter faseroptischer Verstärker 41, dessen verstärktes Ausgangssignal ein zweiter wellenlängenselektiver Koppler 42 zur weiteren Übertragung in Aufwärtsrichtung in den Lichtwellenleiter LA₄ einkoppelt. Falls erforderlich, kann zwischen dem letzteren und dem Ausgang des faseroptischen Verstärkers 41 ein optischer Isolator 43 vorhanden sein, um den faseroptischen Verstärker vor reflektierten Signalen zu schützen. An Stelle des faseroptischen Verstärkers 41 kann auch ein optischer Halbleiter-Verstärker verwendet werden.

An Stelle der in Fig. 1 gezeigten Mittel zum Verstärken der in Aufwärtsrichtung zu übertragenden Signale in einer Verstärkerstelle A sind solche Mittel einsetzbar, wie sie anhand von Fig. 4 nachstehend erläutert werden.

Fig. 4 zeigt eine Verstärkerstelle A in einer anderen Ausgestaltung als der in Fig. 1 dargestellten. Wie jene enthält auch die nach Fig. 4 einen an sich bekannten faseroptischen Verstärker 10, der wie üblich besteht aus einem Er³-dotierten Faserstück 50, einem wellenlängenselektiven faseroptischen Koppler 51 und einer Pumplicht-Quelle 52. Als Koppler 51 ist ein solcher wellenlängenselektiver faseroptischer Koppler zu verwenden, der die Eigenschaft hat, das vom Eingang des faseroptischen Verstärkers 10 zu seinem Ausgang gelangende optische Signal mit der Wellenlänge λ_1 möglichst ungedämpft an seinem zum Ausgang des faseroptischen Verstärkers 10 führenden Kopp-

lerausgang auszugeben und das von der Pumplicht-Quelle 52 erzeugte Pumplicht mit der Wellenlänge λ_p von 980 nm von seinem mit dieser verbundenen Koplereingang möglichst verlustfrei in Richtung zum dotierten Faserstück 11 auszugeben.

Erfindungsgemäß wird nun das in Aufwärtsrichtung zu übertragende optische Signal mit der Wellenlänge λ_2 (1300 nm) aus dem Lichtwellenleiter ausgekoppelt, verstärkt und in Aufwärtsrichtung weiter übertragen. Der bei den an sich bekannten faseroptischen Verstärkern freie Anschluß des Kopplers 51 wird dazu verwendet, das in Aufwärtsrichtung übertragene optische Signal mit der Wellenlänge λ_2 aus dem Lichtwellenleiter auszukoppeln. Er ist über ein Lichtwellenleiterstück 53 mit dem Eingang eines Optisch-Elektrisch-Wandlers 54 verbunden, der das optische Signal in ein elektrisches umsetzt. Im einfachsten Fall wird nun das elektrische Ausgangssignal des Wandlers 54 direkt in den Lasertreiber der Pumplicht-Quelle eingespieist und moduliert dadurch die Intensität des von der Pumplicht-Quelle 52 erzeugten Lichts.

Die Frequenzen, die in dem modulierenden elektrischen Signal enthalten sind, liegen, wie oben erläutert, in einem Frequenzband zwischen 30 und 60 MHz. Somit ist es ausgeschlossen, daß die Modulation des Pumplichts die Verstärkung moduliert, die das vom Eingang des faseroptischen Verstärkers zu seinem Ausgang (in Abwärtsrichtung) zu übertragende optische Signal mit der Wellenlänge λ_1 beim Durchgang durch das verstärkende Faserstück 50 erfährt. Als Modulationsfrequenzen sind unter diesem Gesichtspunkt nämlich grundsätzlich alle Frequenzen geeignet, die sehr viel größer als der Kehrwert der Lebensdauer der durch das Pumplicht anregbaren Energiezustände des Er^{3+} -Materials des Faserstücks 50, also Frequenzen von oberhalb 1 MHz, und das Frequenzband FB₃ liegt deutlich oberhalb davon.

Andernfalls müßte das Ausgangssignal des Wandlers 54 mit einer Hilfs-Modulationseinrichtung, die in Fig. 4 gestrichelt angedeutet und mit dem Bezugszeichen 55 bezeichnet ist, auf eine Hilfs-Trägerfrequenz aufmoduliert werden, damit ein für die Pumplicht-Quelle geeignetes Modulationssignal entsteht.

Im Normalbetrieb ist die Intensität des Pumplichts so hoch, daß aus dem vom Koppler 51 entfernten Ende des Faserstücks 50 ein beträchtlicher Anteil, der im Faserstück 50 nicht absorbiert wird, in den in Richtung zur Zentrale weiterführenden Lichtwellenleiter gelangt und von dort in Richtung zur Zentrale weiterübertragen wird. Das in Aufwärtsrichtung zu übertragende optische Signal wird also von der Verstärkerstelle A nicht wie bei Fig. 1 mit der Wellenlänge λ_2 zur Zentrale übertragen, sondern mit der Wellenlänge λ_p .

Selbstverständlich ist es auch möglich, daß die Pumplicht-Quelle zunächst unmoduliertes Licht erzeugt und das Ausgangssignal des Wandlers 54 dazu verwendet wird, das Pumplicht in einem der Pumplicht-Quelle nachgeschalteten Modulator zu modulieren. Auch in diesem Falle wird das von der Pumplicht-Quelle erzeugte Pumplicht moduliert.

Die vorstehend beschriebene Ausführung der Verstärkerstelle A ist eine Anwendung einer Erfindung, die für sich genommen bereits Gegenstand einer älteren deutschen Patentanmeldung P 40 36 327 ist, wobei das dort erwähnte, durch Modulation der Pumplicht-Quelle zu übertragende Zusatzsignal durch Entnahme am freien Ende des Kopplers 51 und Optisch-Elektrisch-Wandlung bereitgestellt wird. Die erforderliche Verstärkung erfährt das in Aufwärtsrichtung zu übertragende Signal im vorliegenden Fall dadurch, daß das elektrische Ausgangssignal des Wandlers 54 auf einen zur Modulation der Pumplicht-Quelle ausreichend hohen Pegel gebracht wird und daß das Pumplicht intensiv genug ist, um die Weiterübertragung bis zur Zentrale zu gewährleisten.

Eine dritte Ausgestaltung der Verstärkerstelle A aus Fig. 1 wird nun anhand von Fig. 5 erläutert. Sie enthält denselben faseroptischen Verstärker 10 wie die nach Fig. 4. Ebenfalls wie bei Fig. 4 ist der bei den an sich bekannten faseroptischen Verstärkern freie Anschluß des Kopplers 51 über ein Lichtwellenleiterstück 53 mit dem Eingang eines Optisch-Elektrisch-Wandlers 54 verbunden, der das optische Signal mit der Wellenlänge $\lambda_2 = 1300$ nm in ein elektrisches umsetzt. Das elektrische Ausgangssignal des Wandlers 54 wird dem elektrischen Eingang eines Elektrisch-Optisch-Wandlers 56 zugeführt, der es in ein optisches Signal mit der Wellenlänge $\lambda_2 = 1300$ nm umsetzt. Vom optischen Ausgang des Wandlers 56 gelangt das optische Signal über ein Lichtwellenleiterstück 58 zu einem wellenlängenselektiven Koppler 58, der es zur weiteren Übertragung in Aufwärtsrichtung in den von der Verstärkerstelle A in Richtung zur Zentrale (in der Zeichnung nach links) führenden Lichtwellenleiter einkoppelt. Dieses optische Signal ist im Vergleich zu dem optischen Eingangssignal des Wandlers 54 verstärkt, da der Wandler 54 typischerweise auch Verstärkungsfunktionen erfüllt.

Es sei noch erwähnt, daß eine optische Verstärkerstelle A, gleich welcher Ausführung, die nicht nur das in Abwärtsrichtung, sondern auch das in Aufwärtsrichtung übertragene Signal verstärkt, nicht nur auf den im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 gezeigten Streckenabschnitten eingefügt sein kann, sondern auf jeglichen Streckenabschnitten des gesamten Systems, auf denen eine solche "bidirektionale" Verstärkung erforderlich ist. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 ist der Vorteil gegeben, daß nur vier Verstärkerstellen des etwas

aufwendigeren Typs A erforderlich sind, um mehr als 1000 Teilnehmer sowohl mit Verteildiensten als auch mit Dialogdiensten zu versorgen.

In der Zentrale ist für diese große Anzahl von Teilnehmern nur ein einziger teurer optischer Sender erforderlich, der wegen der großen Bandbreite seines elektrischen Eingangssignals (80 bis 450 MHz) einen hochlinearen und damit teuren Laser enthalten muß.

Auch dieses Erfordernis kann gemindert werden, wenn die an den beiden Wandlern 3 und 6 einseitig anliegenden Frequenzbändern durch Aufteilung und Zusammenfassung etwa gleich groß gemacht werden, so daß beispielsweise der eine Wandler ein Frequenzband von 30 bis 240 und der andere ein Frequenzband von 240 bis 450 zu verarbeiten hat.

Selbstverständlich kann das System durch Hinzunahme weiterer Verzweigungspunkte erweitert werden, wobei jeweils zu beachten ist, ob das Verhältnis zwischen den Kosten und dem erzielbaren Nutzen angemessen ist.

Weiter sei erwähnt, daß die Anzahl der von den Kopplern 26 und 28 in Abwärtsrichtung weiterführenden Lichtwellenleiter statt 16 wie beim Ausführungsbeispiel auch gleich einer anderen Zahl n bzw. m sein kann, die in der Größenordnung von 16 liegt, z.B. $n = 18$, $m = 20$. Außerdem muß die Anzahl der Lichtwellenleiter LA_1 bis LA_n , auf die nahe bei oder in der Zentrale eine Verzweigung erfolgt, nicht gleich vier sein, wie es im Ausführungsbeispiel gezeigt ist. Die Anzahl könnte auch eine andere Zahl, z.B. fünf, in der Größenordnung von vier sein.

Im folgenden wird eine Modifikation des neuen Systems erläutert, die sich auf die Wahl der Frequenzen bezieht, mit denen die teilnehmerindividuellen Nachrichtensignale zwischen der Zentrale und den Teilnehmern und umgekehrt übertragen werden.

Die Modifikation liegt darin, daß die den Teilnehmern individuell zugeteilten Frequenzen nicht fest zugeteilt sind, wie dies anhand des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 und Fig. 2 beschrieben ist, sondern daß Mittel vorhanden sind, um einen Teilnehmer eine von n Frequenzen aus dem einen Band und eine von n Frequenzen aus dem anderen Frequenzband zuzuteilen, wobei n deutlich kleiner als die Anzahl der Teilnehmer ist. Diese Zuteilung geschieht bedarfsweise, d.h. einem Teilnehmer wird nur dann eine von den n Frequenzen zugeteilt, wenn tatsächlich eine Verbindung zwischen dem Teilnehmer und der Zentrale zum Zwecke einer bidirektionalen Nachrichtenübertragung erforderlich ist. Solange ein Teilnehmer mit keinem anderen Teilnehmer kommunizieren will und auch nicht von einem an die Zentrale angeschlossenen Teilnehmer angerufen wird, ist ihm keine der n

Frequenzen zugeteilt, sondern steht den anderen Teilnehmern zur Verfügung.

Bei einer angenommenen maximalen Verkehrsdichte von 0,1 Erl reichen für eine Gruppe von etwa 1000 Teilnehmern ungefähr 100 Kanäle aus, um den Fernsprech- und Datenverkehr zwischen der Zentrale und den 1000 Teilnehmern abzuwickeln.

Man kann die Zuordnung der Frequenzen, d.h. Kanälen, zu den Teilnehmern als dynamische Zuordnung bezeichnen, im Gegensatz zu der anhand von Fig. 1 und Fig. 2 beschriebenen Zuordnung, die eine feste oder statische Zuordnung ist. Teilnehmerindividuell ist die Zuordnung in jedem Falle, da zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Frequenz, d.h. Kanal nur einem einzigen Teilnehmer zugeordnet ist.

Anhand der Figuren 6 bis 8 wird nun als ein Beispiel beschrieben, worin die Modifikation gegenüber den obigen Ausführungsbeispielen liegt.

Wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 gibt es in der Zentrale eine Ortsvermittlungsstelle 4, an die die betrachteten Teilnehmer über das Lichtwellenleiternetz angeschlossen sind. Ebenso wie bei den obigen Ausführungsbeispielen hat die Vermittlungsstelle 4 Ausgangs- und Eingangsanschlüsse, die mit Modulatoren bzw. Demodulatoren verbunden sind. Für jeden Teilnehmer ist ein eigener Modulator in der Zentrale vorhanden, und in Fig. 6 sind stellvertretend für die Modulatoren der etwa 1000 an eine Vermittlungsstelle 4 angeschlossenen Teilnehmer zwei Modulatoren MZ_1 und MZ_{1000} gezeigt. Dasselbe gilt für die Demodulatoren, von den stellvertretend für alle nur zwei gezeigt und mit DZ_1 und DZ_{1000} bezeichnet sind.

Ist von der Vermittlungsstelle 4 beispielsweise zum Teilnehmer Nr. 1 ein Signal zu übertragen, so erscheint dieses an einem Teilnehmerausgang A_1 der Vermittlungsstelle und gelangt von dort auf den Modulator MZ_1 dieses Teilnehmers, der die Aufgabe hat, es einem Träger aufzumodulieren und dadurch in ein bestimmtes Frequenzband umzusetzen. Die modulierten Signale von den Ausgängen der Modulatoren werden in einem Leistungsaddierer 61 zu einem Frequenzmultiplex-Signal zusammengefaßt, das ein bestimmtes Frequenzband belegt. Jeder der Demodulatoren empfängt ein ein anderes Frequenzband belegendes Frequenzmultiplex-Signal von der Gesamtheit der Teilnehmer, wie es in Fig. 1 gezeigt ist, und hat die Aufgabe, ein eventuell darin enthaltenes zu einem speziellen Teilnehmer gehörendes Signal aus der dem Teilnehmer zugeordneten Frequenzlage in die Basisbandlage umzusetzen, in der es in den zugehörigen Teilnehmereingang der Vermittlungsstelle 4 eingegeben wird. Von der Gesamtheit aller Teilnehmereingänge der Vermittlungsstelle 4 sind nur zwei gezeigt und mit E_1 und E_{1000} bezeichnet.

Zum Verteilen des Frequenzmultiplex-Signals auf die Demodulatoren dient ein Leistungsteiler 62. Soweit bisher erläutert, besteht kein Unterschied zu den Demodulatoren, wie sie anhand von Fig. 1 erläutert sind.

Der wesentliche Unterschied ist, daß jeder Modulator und jeder Demodulator auf eine von n Frequenzen einstellbar ist, wobei n beispielsweise gleich 100 ist, wenn die Anzahl der Teilnehmer gleich 1000 ist. In anderen Worten: Die Frequenz des Trägers, auf die ein Modulator sein Eingangssignal aufmoduliert, und die Frequenz eines mit einem Signal modulierten Trägers, das ein Demodulator durch Demodulation wiedergewinnen kann, ist nicht fest, sondern einstellbar. Eine in der Zentrale vorhandene Frequenzsteuerung 63 sorgt dafür, daß einem Teilnehmer nur bei Bedarf eine Frequenz zugeteilt wird und daß die gewählte Zuteilung teilnehmerindividuell ist, d.h. daß niemals mehreren Teilnehmern dieselbe Frequenz gleichzeitig zugeteilt wird.

Die Zuteilung der Frequenzen zu den Modulatoren und den Demodulatoren mit Hilfe der Frequenzsteuerung 63 geschieht wie folgt: Die Frequenzsteuerung 63 ist mit jedem für einen Teilnehmer in der Zentrale vorhandenen Modulator-Demodulator-Paar über eine Daten- und Steuerleitung verbunden. Im Falle des Modulator-Demodulator-Paars des Teilnehmers Nr. 1 ist diese Leitung mit S_1 und im Falle des Modulator-Demodulator-Paars des Teilnehmers Nr. 1000 mit S_{1000} bezeichnet. Diese Leitungen, die praktisch Busleitungen sind, sind in Fig. 6 deutlich dünner gezeichnet als die Leitungen zur Übertragung der Teilnehmer-Nutzsignale.

Eine bidirektionale Nachrichtenübertragung zwischen einem Teilnehmer und der Zentrale kann, wie es für den Fernspreverkehr typisch ist, entweder von der Zentrale, d.h. von der Vermittlungsstelle 4, initiiert werden oder vom Teilnehmer. In anderen Worten: Entweder ruft die Vermittlungsstelle einen Teilnehmer, oder der Teilnehmer sendet ein Rufsignal an die Vermittlungsstelle. In beiden Fällen ist dafür zu sorgen, daß für die einzurichtende Nachrichtenverbindung die Frequenzen zugeteilt werden.

Im ersten Fall, wenn die Vermittlungsstelle beispielsweise einen Ruf zum Teilnehmer Nr. 1 senden will, erkennt der Modulator MZ_1 , daß am Teilnehmerausgang A_1 der Zustand besteht, der für einen von der Vermittlungsstelle zu einem Teilnehmer gehenden Ruf typisch ist. Wenn der Ausgang A_1 zusammen mit dem Eingang E_1 einen Teilnehmeranschluß einer Analog-Vermittlungsstelle bildet, also einen klassischen Anschluß für eine Teilnehmeranschlußleitung mit einer a-, b-Ador, so ist dies ein bestimmter Strom-Spannungs-Zustand der a-, b-Ador. Wenn es sich dabei um eine 50-Schnittstelle

einer ISDN-Vermittlungsstelle handelt, so ist dies der an einer solchen Schnittstelle typischerweise bei einem von der Vermittlung zu einem Teilnehmer abgehenden Rufsignal vorhandene Rufsignalzustand. In jedem Falle stellt der Modulator MZ_1 fest, daß von der Vermittlungsstelle ein Ruf an den Teilnehmer Nr. 1 gesendet werden soll und signalisiert über die Leitung S_1 diesen Zustand an die Frequenzsteuerung. Diese sucht daraufhin einen freien Kanal für den Modulator MZ_1 . Dies tut sie, indem sie kontinuierlich den Status aller Modulatoren über die jeweiligen Steuer- und Datenleitungen abfragt, ob und mit welcher Frequenz sie gerade ein Nachrichtensignal senden. Aufgrund einer solchen kontinuierlichen Abfrage ist in der Frequenzsteuerung gespeichert, welche von n insgesamt belegbaren Frequenzen gerade unbelegt sind. Findet sie eine unbelegte Frequenz, so gibt sie einen dieser Frequenzen entsprechenden Steuerbefehl über die Steuerleitung S_1 zum Modulator MZ_1 , das diesen veranlaßt, sich auf die gefundene Frequenz einzustellen. Diese Frequenz ist im Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 mit f_1 bezeichnet. Sie ist eine der n Frequenzen aus einem Frequenzband FBZ , das an späterer Stelle noch erläutert wird.

Gemäß einem vorteilhaften Merkmal des Ausführungsbeispiels nach Fig. 6 werden einem Teilnehmer für die beiden Übertragungsrichtungen jeweils zwei Frequenzen zugeteilt, die sich um einen vorgegebenen Betrag voneinander unterscheiden. Wenn also die Frequenzsteuerung zum Beispiel für die Übertragung zum Teilnehmer Nr. 1 eine Frequenz f_1 von 960 MHz auswählt, so wählt sie damit gleichzeitig auch eine Frequenz f'_1 für den Demodulator DZ_1 desselben Teilnehmers aus, die z.B. um 60 MHz niedriger ist, im betrachteten Beispiel also 900 MHz beträgt.

Falls es ein Teilnehmer ist, der eine bidirektionale Nachrichtenübertragung zwischen ihm und der Zentrale initiiert, also praktisch einen Ruf an die Zentrale sendet, so geschieht die Frequenzzuteilung zu dem Teilnehmer wie folgt:

In Fig. 7 ist der für die Frequenzzuteilung zu dem Teilnehmer erforderliche Teil einer Teilnehmereinrichtung T_1 des erfindungsgemäßen Systems gezeigt. Zum Zwecke der Erläuterung der Frequenzzuteilung zu einem speziellen Teilnehmer wird diese Teilnehmereinrichtung als die des Teilnehmers Nr. 1 aus einer Anzahl von 1000 an die Zentrale angeschlossenen Teilnehmern betrachtet. Wie die Teilnehmereinrichtung aus Fig. 2 hat sie einen Modulator und einen Demodulator, die hier allerdings in der Frequenz einstellbar sind. Sie sind mit MT_1 bzw. DT_1 bezeichnet. Zur Einstellung ihrer Frequenzen dient eine Frequenzsteuerung 73.

Gelangt vom Teilnehmerendgerät her ein Rufsignal, das die Teilnehmereinrichtung zur Zentrale senden will, zum Eingang des Modulators MT_1 , so

gelangt es außerdem direkt oder über den Modulator zu einem Eingang der Frequenzsteuerung 73, im gezeigten Beispiel über eine Leitung 74. Andererseits empfängt die Frequenzsteuerung 73 laufend aus einem Frequenzsteuerungs-Kanal auf einer Eingangsleitung 75 Informationen über die aktuelle Belegung der Frequenzen, die von der Frequenzsteuerung 6 der Zentrale kontinuierlich zur Gesamtheit der Teilnehmer gesendet werden, indem ein weiterer Träger, der eine Frequenz f_0 hat, mit den Informationen moduliert wird. Aus dem Empfang solcher Informationen hat die Frequenzsteuerung Kenntnis über freie Frequenzen, die für eine Übertragung von einem Teilnehmer zur Zentrale in Frage kommen, also nicht bereits einem Modulator eines anderen Teilnehmers zugeteilt sind. Ist eine der in Frage kommenden Frequenzen unbesetzt, so veranlaßt die Frequenzsteuerung 73 den Modulator MT₁, sich auf diese Frequenz einzustellen, und veranlaßt gleichzeitig auch den Demodulator DT₁, sich auf eine um den oben erwähnten fest vorgegebenen Betrag abweichende Frequenz aus dem anderen Frequenzband einzustellen. In der Zeichnung ist angedeutet, daß der Modulator MT₁ den Ruf zur Zentrale auf einen Träger mit einer Frequenz f_1 aufmoduliert, zur Zentrale sendet, und der Demodulator DT₁ auf den Empfang eines Signals mit der Trägerfrequenz f_1 eingestellt ist.

Die Demodulatoren in der Zentrale, z.B. DZ₁, und die Demodulatoren bei den Teilnehmern, z.B. DT₁, tasten, gesteuert durch die jeweils vorhandene Frequenzsteuerung 63 bzw. 73, das für sie vorgesehene Frequenzband daraufhin ab, ob eine der n Frequenzen mit einem Rufsignal von dem Teilnehmer, zu dem sie gehören, oder ein Rufsignal zu dem Teilnehmer, zu dem sie gehören, moduliert ist. Solange sie in diesem Abtast-Zustand arbeiten, sperren sie ihren zur Vermittlungsstelle bzw. zum Teilnehmer-Endgerät führenden Nachrichtensignalausgang. Stellt ein Demodulator eines Teilnehmers, auf Seite der Zentrale oder auf Seite des Teilnehmers, fest, daß eine der abgetasteten Frequenzen mit einem Rufsignal moduliert ist, das diesem Teilnehmer speziell zugeordnet ist, so stellt die bei ihm vorhandene Frequenzsteuerung ihn auf diese Frequenz ein und stellt auch den Modulator desselben Modulator-Demodulator-Paars auf eine von der gefundenen Frequenz um den fest vorgegebenen Betrag abweichende Frequenz aus dem jeweils anderen Frequenzband ein.

Nachdem beispielsweise der Modulator MZ₁ zum Zwecke eines von der Vermittlung 4 zum Teilnehmer T₁ auszusendenden Rufsignals durch die Frequenzsteuerung 63 auf eine Frequenz f_1 (z.B.) eingestellt worden ist, stellt der Demodulator DT₁ beim Teilnehmer T₁ durch Abtasten der Frequenzen den an ihn gerichteten Ruf auf der Fre-

quenz f_1 fest, und die Frequenzsteuerung stellt ihn daraufhin auf diese Frequenz f_1 ein und stellt gleichzeitig den Modulator MT₁ auf die Frequenz f_1 ein (z.B. 900 MHz). Auf diese Frequenz hat die Frequenzsteuerung bereits den Demodulator DZ₁ in der Zentrale gleichzeitig mit der Frequenzstellung des Modulators MZ₁ eingestellt.

War es im anderen Fall der Modulator MT₁, der zum Aussenden eines Rufs an die Zentrale von der Frequenzsteuerung 73 auf eine freie Frequenz f_1 eingestellt wurde (z.B. 900 MHz), so stellt der Demodulator DZ₁ in der Zentrale durch Abtasten sämtlicher Empfangsfrequenzen fest, daß diese Frequenz mit einem Rufsignal vom Teilnehmer T₁ moduliert ist. Daraufhin sorgt die mit ihm verbundene Frequenzsteuerung 63 für die Einstellung des Modulators MZ₁ auf eine um den fest vorgegebenen Betrag höhere Frequenz f_2 (z.B. 980 MHz).

Stellt ein Modulator, entweder der in der Zentrale oder der beim Teilnehmer, am Zustand seiner Eingangsleitung fest, daß der Teilnehmer in den Gesprächs- oder Datenübertragungs-Zustand übergegangen ist, so hört er auf, mit der eingestellten Trägerfrequenz zu senden, gibt also diese frei. Gleichzeitig sorgt die Frequenzsteuerung dafür, daß der zugehörige Demodulator in den Zustand der Abtastung der als Empfangsfrequenzen in Frage kommenden Frequenzen übergeht.

Oben wurde erläutert, daß die Frequenzsteuerung der Zentrale den Zustand der Modulatoren abfragt, um eine freie Frequenz für einen Modulator zu finden. Da die Sende- und Empfangsfrequenz eines Modulator-Demodulator-Paars eines Teilnehmers wie erläutert einander fest zugeordnet sind, ist es auch möglich, daß die Frequenzsteuerung in der Zentrale die Kenntnis über freie Frequenzen aus dem Ergebnis der kontinuierlichen Abtastung des für die Demodulatoren vorgesehenen Frequenzbandes durch die Demodulatoren gewinnt, statt den Status der Modulatoren kontinuierlich abzufragen. In entsprechender Weise ist es bei den Teilnehmern möglich, daß die Frequenzsteuerung die Kenntnis über freie Frequenzen für Demodulatoren aus der kontinuierlichen Abtastung des für die Demodulatoren vorgesehenen Frequenzbandes gewinnt, anstatt die auf dem Frequenzsteuerungs-Kanal empfangenen Informationen über den Belegungsstatus von Frequenzen durch die Zentrale auszuwerten. In diesem Falle kann auf die Einrichtung des Frequenzsteuerungskansals generell verzichtet werden.

Es sei noch erwähnt, daß die Demodulatoren ihren Nachrichtensignal-Ausgang nach Erkennen eines teilnehmerspezifischen Rufsignals freigeben. Weiterhin sei erwähnt, daß statt einer zentralen Frequenzsteuerung 63, wie sie in Fig. 6 gezeigt ist, in der Zentrale auch teilnehmerindividuelle Frequenzsteuerungen vorgesehen sein können, wie

sie anhand der Fig. 7 für einen Teilnehmer erläutern sind, allerdings dann solche, die die Abtastung durch den teilnehmerindividuellen Demodulator auswerten statt zentral ermittelte und gespeicherte Informationen.

Eine weitere Variante wäre, daß auf der Seite der Zentrale nicht so viele Modulator-Demodulator-Paare wie Teilnehmer, sondern nur so viele wie Frequenzkanäle zur Verfügung stehen, im Beispiel also nicht 1000 sondern nur 100, daß die Modulatoren und Demodulatoren auf feste Frequenzen eingestellt sind und eine vermittlungstechnische Einrichtung zwischen der normalen Vermittlung 4 und den Modulatoren vorhanden ist, die die Ausgänge der normalen Vermittlung mit den Eingängen von gerade freien Modulatoren und die Ausgänge der Demodulatoren mit Eingängen der gerade gerufenen Teilnehmeranschlüsse der Vermittlung verbinden. Auch bei einer solchen Ausführung der in der Zentrale vorhandenen Einrichtungen wäre dafür gesorgt, daß einem Teilnehmer bedarfsweise und teilnehmerindividuell ein Paar von Frequenzen für die beiden Übertragungsrichtungen zuteilbar ist.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 ist durch die gewählten Frequenzbezeichnungen gezeigt, daß unterschiedlichen Teilnehmern unterschiedliche Frequenzen zugeteilt werden und daß die einem Modulator und einem demselben Teilnehmer zugeordneten Demodulator zugeordneten Frequenzen in einer bestimmten Beziehung zueinander stehen.

Fig. 8 zeigt die Lage der Frequenzbänder, in denen die vorstehend erläuterten Frequenzen liegen. Für die Übertragung von der Zentrale zu den Teilnehmern ist ein Frequenzband FB2' vorgesehen, und für die Übertragung in der umgekehrten Richtung ein Frequenzband FB3', wobei das erste oberhalb des letzteren liegt. Beide liegen im Gegensatz zu dem Frequenzplan nach Fig. 3 oberhalb des für die zu den Teilnehmern zu verteilenden Signale wie Fernsehsignale vorgesehenen Frequenzbandes FB1. FB3' reicht von 860 bis 900 MHz, und FB2' reicht von 920 bis 960 MHz. Bei dieser Lage kann das Frequenzband FB1 gegenüber den in Fig. 3 gezeigten deutlich vergrößert werden, wie es mit FB1' angedeutet ist.

Durch die beschriebene variable Frequenzteilung ist es möglich, die Frequenzteilung flexibel entsprechend der Bandbreite, die für den Teilnehmeranschluß gegeben ist, vorzunehmen. Ist ein Teilnehmeranschluß ein Anschluß für normales Fernsprechen, so kann bei der Kanalzuteilung ein geringerer Abstand zu einem solchen Schmalbandkanal vorgesehen werden, wogegen ein größerer Kanalabstand eingestellt werden kann, wenn es sich um einen Kanal mit größerer Bandbreite, z.B. einen ISDN-Kanal oder sogar einen Kanal mit noch größerer Bandbreite von z.B. 2 Mbit/s handelt. Ein

weiterer Vorteil ist, daß wegen der insgesamt geringeren Anzahl der erforderlichen Kanäle an Bandbreite für das zu bildende Frequenzmultiplex-Signal gespart wird, was die optische Übertragung des Frequenzmultiplex-Signals erleichtert.

Patentansprüche

1. Optisches Nachrichtenübertragungssystem mit einer Zentrale (1) und einer Vielzahl von Teilnehmern (T_i), bei dem die Teilnehmer über ein Stern-Stern-förmiges Lichtwellenleiternetz (LA, LB, LC) mit der Zentrale (1) verbunden sind, bei dem zwischen aufeinanderfolgenden Verzweigungspunkten des Lichtwellenleiternetzes faseroptische Verstärker (10, 11) vorhanden sind, bei dem die von der Zentrale (1) an die Teilnehmer (T_i) zu verteilenden Nachrichtensignale, insbesondere Fernsehsignale, umgesetzt in ein erstes Frequenzband (FB1), als optisches Signal mit einer ersten Wellenlänge (λ_1) über das Lichtwellenleiternetz zu den Teilnehmern (T_i) übertragen werden, wobei das optische Signal durch die faseroptischen Verstärker (10, 11) verstärkt wird, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorhanden sind, um von der Zentrale zu den Teilnehmern (T_i) zu übertragende teilnehmerindividuelle Nachrichtensignale, insbesondere Fernsprechsingale, umgesetzt in ein zweites Frequenzband (FB2) mit teilnehmerindividuellen Frequenzen, als optisches Signal mit der ersten Wellenlänge (λ_1) zu den Teilnehmern zu übertragen, wobei das optische Signal in den faseroptischen Verstärkern (10, 11) verstärkt wird, daß Mittel vorhanden sind, um von den Teilnehmern zu der Zentrale zu übertragende teilnehmerindividuelle Nachrichtensignale, insbesondere Fernsprechsingale, umgesetzt in ein drittes Frequenzband (FB3) mit teilnehmerindividuellen Frequenzen, als optisches Signal mit einer zweiten Wellenlänge (λ_2) über dasselbe Lichtwellenleiternetz zur Zentrale zu übertragen, ohne daß das optische Signal mit der zweiten Wellenlänge in den faseroptischen Verstärkern verstärkt wird, und daß an Stellen (A) des Lichtwellenleiternetzes, an denen eine Verstärkung des zur Zentrale zu übertragenden optischen Signals mit der zweiten Wellenlänge (λ_2) erforderlich ist, Mittel (40, 41, 43; 51, 54, 52) vorhanden sind, um das zur Zentrale zu übertragende optische Signal aus dem Lichtwellenleiter (LA_4) auszukoppeln, zu verstärken und wieder in den Lichtwellenleiter (LA_4) einzukoppeln.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß das Stern-Stern-förmige Lichtwellenleiternetz in oder nahe bei der Zentrale (1) auf mehrere Lichtwellenleiter (LA_1 bis LA_n) verzweigt ist, daß jeder der mehreren Lichtwellenleiter zu einem Leistungsteiler (26) führt, von dem n Lichtwellenleiter (LB_1 bis LB_n) weiterführen, und daß jeder dieser n Lichtwellenleiter (LB_1 bis LB_n) zu einem Leistungsteiler (28) führt, von dem m Lichtwellenleiter (LC_1 bis LC_m) jeweils zu einem Teilnehmer (T_i) führen.

3. System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Wellenlänge (λ_1) etwa 1550 nm und die zweite Wellenlänge (λ_2) etwa 1300 nm beträgt.

4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Frequenzband (FB_2) und das dritte Frequenzband (FB_3) oberhalb bzw. unterhalb des ersten Frequenzbandes (FB_1) liegen.

5. System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Frequenzband (FB_2) etwa ein Band von 470 bis 500 MHz und das dritte Frequenzband (FB_3) etwa ein Band von 30 bis 60 MHz ist und daß die in diesen Bändern liegenden teilnehmerindividuellen Frequenzen in einem Abstand von etwa 30 kHz auseinanderliegen und daß die Umsetzung der zu Übertragenden teilnehmerindividuellen Nachrichtensignale in die Frequenzbänder durch Frequenzmodulation der teilnehmerindividuellen Frequenzen geschieht.

6. System nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (40, 41, 42; 51, 53 54, 52), um das zur Zentrale (1) zu übertragende optische Signal aus dem Lichtwellenleiter (LA_1) auszukoppeln, zu verstärken und wieder in den Lichtwellenleiter (LA_1) einzukoppeln, wellenlängenselektive Lichtwellenleiter-Koppler (40, 42) und ein für die Wellenlänge (λ_2) des zu verstärkenden optischen Signals optimierter faseroptischer Verstärker (41) sind (Fig. 1).

7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (51, 53, 54, 52), um das zur Zentrale zu übertragende optische Signal aus dem Lichtwellenleiter (LA_1) auszukoppeln, zu verstärken und wieder in den Lichtwellenleiter (LA_1) einzukoppeln, ein zum faseroptischen Verstärker (10) für die Gegenrichtung gehörender wellenlängenselektiver Pumplicht-Koppler (51), ein Optisch-Elektrisch-Wandler (54) und die zum faseropti-

schen Verstärker (10) für die Gegenrichtung gehörende Pumplicht-Quelle (52) sind, und daß diese Mittel derart miteinander verbunden sind, daß das zu verstärkende zur Zentrale zu übertragende optische Signal von einem Anschluß des Pumplicht-Kopplers (51) zum Eingang des Optisch-Elektrisch-Wandlers (54) gelangt und dessen elektrisches Ausgangssignal das von der Pumplicht-Quelle (52) erzeugte Pumplicht moduliert (Fig. 4).

8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (51, 53, 54, 56, 58, 59), um das zur Zentrale zu übertragende optische Signal aus dem Lichtwellenleiter (LA_1) auszukoppeln, zu verstärken und wieder in den Lichtwellenleiter einzukoppeln, ein zum faseroptischen Verstärker (10) für die Gegenrichtung gehörender wellenlängenselektiver Pumplicht-Koppler (51), ein Optisch-Elektrisch-Wandler (54), ein Elektrisch-Optisch-Wandler (56) und ein dessen optisches Ausgangssignal in den Lichtwellenleiter (LA_1) einkoppelnder wellenlängenselektiver Lichtwellenleiter-Koppler (59) sind.

9. System nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, 6, 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Übertragen von teilnehmerindividuellen Nachrichtensignalen zwischen der Zentrale und den Teilnehmern und umgekehrt Mittel enthalten, um einem Teilnehmer (T_i) bedarfsweise und teilnehmerindividuell eine (f_i) von n Frequenzen aus dem zweiten (FB_2) und eine (f'_i) von n Frequenzen aus dem dritten Frequenzband (FB_3) zuzuteilen, wobei n deutlich kleiner als die Anzahl der Teilnehmer ist.

10. System nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,

- daß die Mittel zum Übertragen von teilnehmerindividuellen Nachrichtensignalen pro Teilnehmer ein Modulator-Demodulator-Paar (MZ_i , DZ_i) in der Zentrale und ein Modulator-Demodulator-Paar (MT_i , DT_i) beim Teilnehmer (T_i) enthalten,
- daß die einem Teilnehmer (T_i) aus dem zweiten Frequenzband (FB_2) zugeteilte Frequenz (f_i) die Frequenz eines Trägers ist, den der Modulator (MZ_i) in der Zentrale mit dem zum Teilnehmer zu übertragenden Nachrichtensignal moduliert und den der Demodulator (DT_i) beim Teilnehmer (T_i) mit dieser Modulation empfängt und demoduliert, und
- daß die dem Teilnehmer (T_i) aus dem dritten Frequenzband (FB_3) zugeteilte

Frequenz die Frequenz eines Trägers ist, den der Modulator (MT_1) beim Teilnehmer mit dem zur Zentrale zu übertragenden Nachrichtensignal moduliert und den der Demodulator (DZ_1) in der Zentrale mit dieser Modulation empfängt und demoduliert.

11. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die die genannten Frequenzen (f_1 , f_1') einem Teilnehmer zuteilenden Mittel eine Frequenz aus dem zweiten Frequenzband ($FB2$) und eine Frequenz aus dem dritten Frequenzband ($FB3$) auswählen, die sich um einen fest vorgegebenen Betrag voneinander unterscheiden.
12. System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß,
 - falls es die Zentrale ist, von der aus eine bidirektionale Nachrichtenübertragung zwischen ihr und einem Teilnehmer (T_1) initiiert wird,
 - eine in der Zentrale vorhandene Frequenzsteuerung unter den genannten n Frequenzen des zweiten Frequenzbandes ($FB2$) eine von anderen Teilnehmern nicht belegte Frequenz (f_1) sucht und den zu dem Teilnehmer in der Zentrale gehörenden Modulator (MZ_1) auf diese Frequenz (f_1) einstellt und den zu demselben Teilnehmer in der Zentrale gehörenden Demodulator (DZ_1) auf eine von der für den Modulator gefundenen Frequenz (F_1) um den fest vorgegebenen Betrag abweichende Frequenz (f_1') aus dem dritten Frequenzband ($FB3$) einstellt und
 - falls es ein Teilnehmer ist, der eine bidirektionale Nachrichtenübertragung zwischen ihm und der Zentrale initiiert,
 - eine beim Teilnehmer vorhandene Frequenzsteuerung unter den genannten n Frequenzen des dritten Frequenzbandes ($FB3$) eine von anderen Teilnehmern nicht belegte Frequenz (f_1') sucht und den Modulator (MT_1) beim Teilnehmer (T_1) auf diese Frequenz einstellt und den bei demselben Teilnehmer (T_1) vorhandenen Demodulator (DT_1) auf eine von der für den Modulator gefundenen Frequenz (f_1') um den fest vorgegebenen Betrag abweichende Frequenz (F_1) aus dem zweiten Frequenzband ($FB2$) einstellt, daß
 - die pro Teilnehmer in der Zentrale vorhandenen Demodulatoren (DZ_1 bis

DZ_{1000}) und die bei den Teilnehmern vorhandenen Demodulatoren (DT_1), solange ihnen eine Frequenz nicht zugeteilt ist, das für sie vorgesehene Frequenzband, gesteuert durch die jeweilige Frequenzsteuerung daraufhin abtasten, ob eine der n Frequenzen mit einem Rufsignal zu dem Teilnehmer oder von dem Teilnehmer moduliert ist und daß die jeweilige Frequenzsteuerung, falls dies für eine der Frequenzen festgestellt wird, den Demodulator auf diese Frequenz und den Modulator desselben Modulator-Demodulator-Paars auf eine von der gefundenen Frequenz um den fest vorgegebenen Betrag abweichende Frequenz aus dem jeweils anderen Frequenzband einstellt.

13. System nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Frequenzband ($FB2$) oberhalb des dritten ($FB3$) und dieses oberhalb des ersten Frequenzbandes ($FB1$ oder $FB1'$) liegt.
14. System nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Frequenzband ($FB2$) etwa ein Band von 920 bis 960 MHz und das dritte Frequenzband ($FB3$) etwa ein Band von 880 bis 920 MHz ist.
15. System nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Zentrale vorhandene Frequenzsteuerung eine weitere Frequenz (f_2) mit Informationen über die aktuelle Belegung der n Frequenzen moduliert und daß das so gebildete Signal zu allen Teilnehmern übertragen wird und daß die bei den Teilnehmern vorhandene Frequenzsteuerung, solange ein Teilnehmer keine Frequenz belegt hat, dieses Signal empfängt und zum Suchen einer unbesetzten Frequenz verwendet.

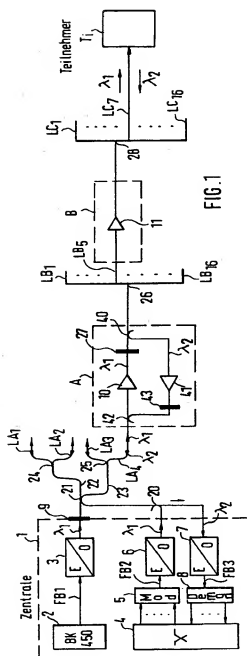


FIG. 1

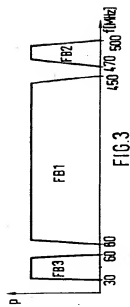


FIG.3

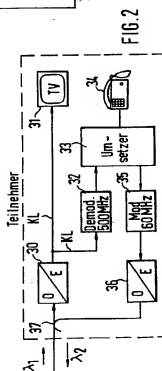
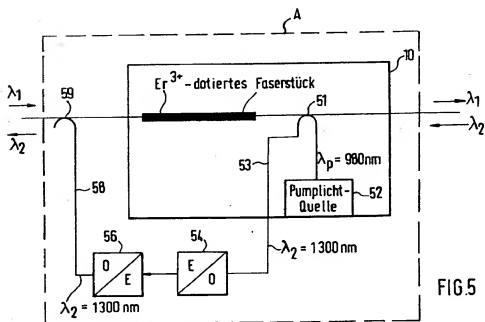
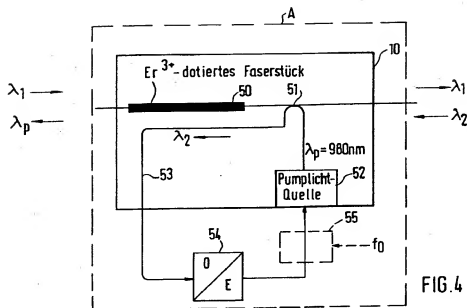


FIG. 2



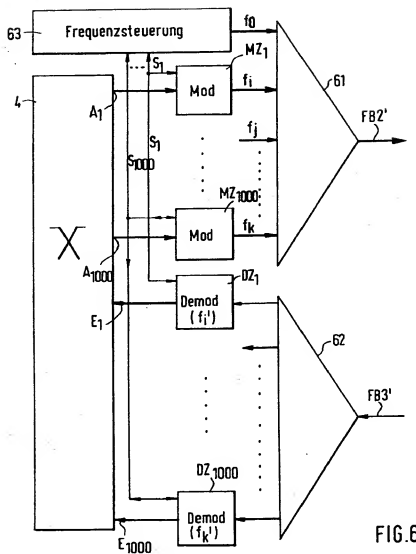


FIG.6

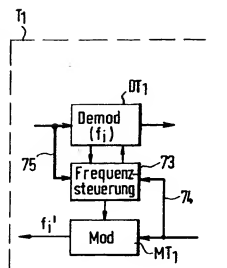


FIG. 7

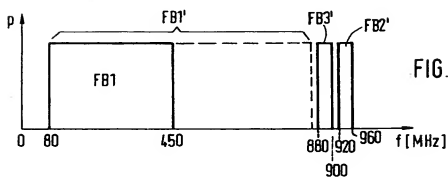


FIG. 8